ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 SEPTEMBRE 1902.

PRÉSIDENCE DE M. BOUQUET DE LA GRYE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie la perte que la Science vient de faire en la personne de M. *R. Virchow*, Associé étranger de l'Académie ; il se fait l'interprète des profonds regrets de ses Confrères et prie M. Bouchard de rappeler les traits principaux de la vie de l'illustre savant.

Allocution de M. **Bouchard**, *à l'occasion de la mort de* R. Virchow, *Membre associé.*

« La mort de Rudolf Virchow, qui met l'Allemagne en deuil, est une perte cruelle pour le monde savant tout entier. M. le Président a dit combien elle est douloureusement ressentie par cette Compagnie, à laquelle Virchow appartenait depuis 1859. Elle frappe plus particulièrement la Médecine. C'est que Virchow, par ses découvertes et sa direction, a formé toutes les générations médicales qui existent encore aujourd'hui.

» En 1847, Virchow entreprenait la publication de ses *Archives d'Anatomie et Physiologie pathologiques et de Médecine clinique*, qui sont le plus précieux ensemble de documents pour qui veut savoir comment s'est constituée la Médecine contemporaine. On y trouve, à côté des travaux qu'il accueillait ou provoquait, les innombrables productions de son propre labeur et l'orientation vers laquelle il poussait la Pathologie. Je n'entreprendrai pas de vous soumettre l'énumération de ses découvertes ; ses travaux sur la leucémie, sur la thrombose et l'embolie, sur la dégénération amyloïde, qui me viennent les premiers à l'esprit, suffiraient pour faire

vivre son nom dans le souvenir des hommes. La Médecine lui doit plus encore : le commencement d'une doctrine. Ce qui domine toute son œuvre, c'est l'idée contenue et développée dans les vingt leçons sur la *Pathologie cellulaire*. C'était, appuyée sur des faits qui semblent encore aujourd'hui inébranlables, la notion nouvelle impatiemment attendue qui balayait les débris des anciennes doctrines. L'Anatomie pathologique, depuis Morgagni jusqu'à Cruveilhier et Rokitansky, avait montré que, dans les maladies, certains organes sont lésés, et avait cru pouvoir caractériser la maladie par la lésion. C'était un grand progrès qui exerçait une sorte de fascination. On ne voyait que la lésion; on ne se préoccupait ni de la cause, ni de cette phase de l'acte morbide qui succède à l'application de la cause et qui précède la lésion. C'est là ce qu'a saisi Virchow. Lui aussi, il ignorait les causes, mais il voyait comment l'organisme réagit contre elles. Cette réaction, il la cherchait dans les parties vivantes irréductibles, dans les cellules, et il suivait l'évolution de la vie cellulaire troublée jusqu'à la production de la lésion.

» Virchow n'a dit ni le *pourquoi* de la maladie ni le procédé suivant lequel la cause provoque la maladie; mais il a dit, lui le premier, le *comment* de la maladie, la succession des actes morbides provoqués par la cause. C'est à un autre de nos Confrères qu'était réservé l'honneur de dévoiler les causes. Comme Pasteur a fondé la Pathogénie, Virchow avait jeté les bases de la Pathologie. C'est là le plus grand titre de gloire de Virchow, et je me sens autorisé à dire que, avec lui, une lumière s'est éteinte et une autorité a disparu.

» Virchow avait une activité infatigable qui s'est attaquée à bien d'autres questions. Il était anthropologiste, il a voulu pénétrer les problèmes préhistoriques, il a même fait de la politique. C'est peut-être par sa politique surtout qu'il a été connu et apprécié du public. Il arrive que le public juge mal. Il a certainement mal jugé quand il a représenté Virchow comme animé de sentiments hostiles envers notre pays. Virchow a voulu dissiper lui-même cette légende. J'ai présentes à la mémoire les paroles qu'il prononça à Berlin, non sans quelque solennité, devant plus de cent médecins français, en présence de l'ambassadeur de France : « On
» m'attribue des paroles d'animosité contre la France que j'aurais prononcées quand nos deux pays étaient en guerre. Il se peut que j'aie prononcé ces paroles, mais je n'en suis pas sûr. Dans les périodes troublées, on dit parfois des choses dont on ne garde pas le souvenir. S'il

» est un homme de l'une ou de l'autre nation qui, à cette époque, n'a pas » senti son cœur bondir et est certain que sa langue a toujours obéi à la » froide raison, que cet homme me jette la première pierre. En tout cas, » si j'ai prononcé ces paroles, je les désavoue. J'ai du respect et de la » reconnaissance pour la France, pour son génie initiateur, pour sa » science, pour ses savants près desquels j'ai été étudier dans mes jeunes » années. »

» Ce n'est pas sur de telles considérations que l'Académie base ses jugements. Elles ne l'ont pas guidée quand vous avez, il y a 5 ans, conféré à Virchow la plus haute distinction à laquelle un savant puisse prétendre. Si j'ai reproduit ces nobles paroles, c'est pour qu'il soit bien établi qu'il n'y a pas chez nous d'arrière-pensée, que l'Académie s'associe sans réserves au deuil du monde civilisé et qu'elle adresse de tout cœur à la famille et aux Collègues de notre illustre Confrère l'expression de son admiration et de ses regrets. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'irréductibilité des transcendantes uniformes définies par les équations différentielles du second ordre.* Note de M. **Paul Painlevé**.

« 1. Dans des travaux antérieurs, j'ai énuméré trois types d'équations du second ordre qui définissent des transcendantes uniformes nouvelles. Le plus simple de ces types est l'équation

$$y'' = 6y^2 + x. \tag{1}$$

» Dans une Note récente (*Comptes rendus*, 1er septembre), M. R. Liouville a indiqué un moyen par lequel il pense ramener l'intégration de ces types à celle d'une équation linéaire (ordinaire) du quatrième ordre à coefficients algébriques. Je voudrais montrer brièvement que cette réduction est illusoire.

» Considérons un système différentiel

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \mathrm{P}\left(x, y, z, \frac{dy}{dx}, \frac{dz}{dx}\right), \qquad \frac{d^2z}{dx^2} = \mathrm{Q}\left(x, y, z, \frac{dy}{dx}, \frac{dz}{dx}\right), \tag{2}$$

et regardons x, y, z comme des coordonnées rectilignes d'un point de l'espace. M. Liouville considère tous les systèmes (2) dont les courbe

intégrales se ramènent par une transformation ponctuelle

$$X = \varphi(x, y, z), \qquad Y = \psi(x, y, z), \qquad Z = \chi(x, y, z)$$

aux *droites* de l'espace. Convenons de dire que les systèmes (2) qui répondent à cette condition sont de l'espèce D. Tous les systèmes (2) de l'espèce D dépendent de *trois* fonctions arbitraires de x, y, z; étant donné un système (2) algébrique, on sait reconnaître algébriquement s'il est de l'espèce D, et son intégration équivaut alors à celle d'une équation linéaire (ordinaire) du quatrième ordre, à coefficients algébriques.

» Ceci posé, M. Liouville écrit l'équation (1) sous la forme

$$(3) \qquad \frac{dy}{dx} = z, \qquad \frac{dz}{dx} = 6y^2 + x,$$

et il cherche à déterminer un système (2) de l'espèce (D) qui soit conséquence de (3). Pour qu'un système (2) soit conséquence de (3), *deux* conditions sont nécessaires : comme les systèmes (2) de l'espèce D dépendent de trois fonctions arbitraires, M. Liouville assujettit ces fonctions à une relation supplémentaire et arrive à cette conclusion qu'on peut remplacer *algébriquement* le système (3) par un système (2) de l'espèce D; autrement dit, l'intégration de (3) équivaut à celle d'une équation linéaire (ordinaire) du quatrième ordre, à coefficients algébriques.

» Pour comprendre que cette conclusion ne saurait être exacte, il suffit de remarquer que le raisonnement subsiste sans modification quand on remplace le système (3) par un système quelconque de la forme

$$(4) \quad \frac{dy}{dx} = \mathrm{M}(x, y, z), \quad \frac{dz}{dx} = \mathrm{N}(x, y, z), \quad (\mathrm{M}, \mathrm{N} \text{ algébriques en } x, y, z).$$

Toute équation différentielle (algébrique) du second ordre serait donc réductible à une équation linéaire (algébrique) du quatrième ordre : résultat évidemment inadmissible.

» En réalité, ce que démontre M. Liouville, c'est que toute congruence de courbes (gauches ou planes), définie par un système (4), est réductible par une transformation ponctuelle à une congruence de droites. Mais cette réduction est possible *d'une infinité de façons,* et le calcul d'une transformation de passage *équivaut à l'intégration du système* (4).

» Si l'on effectuait les calculs indiqués par M. Liouville pour déterminer les systèmes (2) de l'espèce D qui sont conséquences de (3), on trouverait que les coefficients de ces systèmes dépendent d'un système d'équations

aux dérivées partielles à trois variables indépendantes (x, y, z), dont la solution générale renferme une fonction arbitraire de x, y, z, et quatre fonctions arbitraires de deux variables. L'intégration de ces systèmes revient à celle de l'équation (1), et réciproquement. *La réduction indiquée par M. Liouville est donc purement illusoire.*

» 2. Je voudrais, à cette occasion, insister sur le caractère de l'*irréductibilité* de l'équation (1) et des transcendantes uniformes $y(x)$ qu'elle engendre. J'ai montré que ces transcendantes sont *essentiellement nouvelles*. Autrement dit, elles ne sauraient être des combinaisons explicites (si compliquées soient-elles) des transcendantes uniformes classiques (fonctions elliptiques, abéliennes ou dégénérescences, intégrales d'équations linéaires à une variable, à coefficients algébriques). Par exemple, $y(x)$ ne saurait être une fonction algébrique de plusieurs solutions d'équations linéaires (ordinaires) à coefficients algébriques, non plus qu'une combinaison algébrique de fonctions θ, où les arguments seraient remplacés par des fonctions elliptiques de x, ou par des solutions d'équations différentielles linéaires (algébriques), etc. J'ai été conduit ainsi à une définition de l'*irréductibilité* des équations différentielles, définition qui s'impose dans ce genre de recherches, mais qui est plus restreinte que celle qui convient dans l'étude de l'*intégration formelle* [1]. J'ai déjà signalé cette distinction; mais j'indiquerai ici très explicitement comment se pose le problème de la *réductibilité formelle* pour l'équation (1). Des remarques analogues s'appliquent aux deux autres types que j'ai énumérés.

» 3. La définition la plus générale et la plus rationnelle qu'on ait donnée de l'irréductibilité d'une équation différentielle est celle de M. Drach, que je rappelle en me limitant au système (4). Soient $u(x, y, z)$, $v(x, y, z)$ deux intégrales premières *distinctes* de (4); elles vérifient le système

$$(S) \qquad \frac{\partial u}{\partial x} + M\frac{\partial u}{\partial y} + N\frac{\partial u}{\partial z} = 0, \qquad \frac{\partial v}{\partial x} + M\frac{\partial v}{\partial y} + N\frac{\partial v}{\partial z} = 0.$$

» Le système du deuxième ordre (4) est dit *réductible* quand on peut adjoindre au système (S) au moins une équation (algébrique) aux dérivées

---

(1) C'est ainsi que les équations du troisième ordre, qui définissent les fonctions *fuchsiennes*, engendrent des transcendantes uniformes essentiellement nouvelles, bien qu'elles se ramènent (en permutant le rôle de la fonction et de la variable) à une équation de Riccati.

partielles en u, v, x, y, z qui soit compatible ([1]) avec (S) sans être une conséquence de (S). Dans ce cas, il existe, non pas un seul, mais une infinité de systèmes d'équations (algébriques) aux dérivées partielles en u, v, x, y, z telles que chacun d'eux admette *des* solutions u, v de (S) sans les admettre *toutes*. Mais, parmi ces systèmes Σ, il en est un, soit Σ_1, d'ordre différentiel *minimum;* toutes les solutions u, v de ce système se déduisent d'une quelconque d'entre elles u_1, v_1 par les transformations

$$u = \varphi(u_1, v_1), \qquad v = \psi(u_1, v_1)$$

d'un certain *groupe* Γ (fini ou infini). Ce système Σ_1 et le groupe Γ correspondant, qui ne sont définis qu'à une transformation ponctuelle près en u, v, caractérisent la difficulté de l'intégration formelle de (4). C'est ce groupe Γ que M. Drach appelle le *groupe de rationalité de* (4). Étant donné un système (4), le problème fondamental qui se pose au point de vue de l'intégration formelle, c'est la détermination du groupe de rationalité.

» 4. Appliquons ces généralités à une équation de la forme

$$(5) \qquad \frac{dy}{dx} = z, \qquad \frac{dz}{dx} = \mathrm{R}(x, y) \qquad (\mathrm{R} \text{ algébrique en } x, y).$$

» Une telle équation n'est pas irréductible, au sens de M. Drach, car elle admet comme dernier multiplicateur l'unité. Ceci revient à dire qu'on peut substituer au système S le système

$$(\Sigma) \quad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\partial u}{\partial y} z + \dfrac{\partial u}{\partial z} \mathrm{R} = 0, \\ \dfrac{\partial v}{\partial x}\dfrac{\partial u}{\partial z} - \dfrac{\partial v}{\partial z}\dfrac{\partial u}{\partial x} = -z, \qquad \dfrac{\partial v}{\partial y}\dfrac{\partial u}{\partial z} - \dfrac{\partial v}{\partial z}\dfrac{\partial u}{\partial y} = 1, \end{array} \right.$$

qui entraîne la conséquence $\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} z + \frac{\partial v}{\partial z} \mathrm{R} = 0$. Les solutions (u, v) de Σ se déduisent d'une quelconque d'entre elles (u_1, v_1) par les transformations du groupe infini $u = \varphi(u_1, v_1)$, $v = \psi(u_1, v_1)$, où φ, ψ sont deux fonctions quelconques *dont le jacobien est égal à* 1. Ce groupe G est le groupe de rationalité d'une équation (5) non exceptionnelle ([2]).

([1]) J'entends par là que le système Σ formé par (S) et les relations supplémentaires admet au moins une solution u, v où u, v sont deux fonctions *distinctes* de x, y, z.

([2]) Il faudrait, en toute rigueur, démontrer que le groupe de rationalité d'une équation (5) prise au hasard n'est pas un sous-groupe de G. Mais la chose ne paraît pas douteuse ni difficile à démontrer.

» La question qui se pose pour l'équation (1) est donc de savoir si son groupe de rationalité Γ coïncide avec le groupe G ou avec un sous-groupe de G. *A priori*, il n'est pas impossible que ce groupe Γ soit fini, par exemple soit le groupe linéaire; dans ce dernier cas, deux intégrales premières u, v de (1) seraient données par un système d'équations aux dérivées partielles dont l'intégration équivaudrait à celle d'une équation linéaire du deuxième ordre, suivie de quadratures. Ce qui est certain, dans tous les cas, d'après ce que j'ai démontré, c'est qu'aucune intégrale première $u(x, y, y')$ de (1) ne saurait être algébrique, soit en y', soit en y.

» La connaissance du groupe de rationalité de l'équation (1) (si toutefois ce groupe ne coïncide pas avec G) serait très importante pour l'étude des propriétés des transcendantes $y(x)$. Malheureusement, le problème qui consiste à trouver le groupe de rationalité d'une équation différentielle donnée (algébrique) est bien loin d'être résolu. Il faudra donc, pour déterminer le groupe de l'équation (1), ou beaucoup d'invention, ou beaucoup de bonheur.

» Quel que soit d'ailleurs le résultat auquel on parviendra par la suite, deux points sont dès maintenant acquis :

» 1° Les intégrales $y(x)$ de l'équation (1) sont des transcendantes uniformes essentiellement nouvelles;

» 2° Les propriétés de ces intégrales, leur caractère méromorphe, leur représentation, etc., ont été établis directement sur l'équation même; autrement dit, cette équation a été intégrée (au sens moderne du mot) *à l'aide de la théorie des fonctions*, sans qu'on sût effectuer d'aucune façon son intégration formelle. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Étude expérimentale de la résistance à la compression du béton fretté*. Note de M. **Considère**.

« Pour vérifier l'exactitude des considérations développées dans la Communication précédente, j'ai fait des expériences, à Quimper, en 1901, sur de petits prismes de mortier et, à Paris, en 1902, sur de grands prismes de béton. Toutes ont confirmé qu'il faut multiplier par $\frac{K}{2} = 2,4$ le poids d'un frettage pour déterminer le poids des armatures longitudinales qui donneraient la même résistance à l'écrasement.

» Comme exemple de la résistance élevée que donne le frettage, on citera un prisme de mortier dosé à 433^{kg} de ciment par mètre cube de sable

et armé de spires hélicoïdales dont le volume n'était que les 0,034 de celui du prisme. Il a porté 740^{kg} par centimètre carré de section initiale sans s'écraser. A poids égal, le fer percé de trous de rivets ne porte pas plus.

» Pour vérifier les conclusions relatives à l'élasticité, on a représenté graphiquement les résultats des essais des prismes énumérés ci-après qui avaient 15^{cm} de diamètre et étaient formés d'un très médiocre béton dosé à 300^{kg} de ciment pour 0$^{m^3}$,800 de gravier et 0$^{m^3}$,400 de sable avec un excès d'eau qui en a empêché le pilonnage énergique :

» A. Prisme témoin non armé qui a porté 74^{kg} par centimètre carré;

» B, C. Prismes armés de spires de 6^{mm},27, 4^{mm},27 espacées de 30^{mm}, 15^{mm};

» D, E. Prismes armés comme B, C, plus 8 barres longitudinales de 6^{mm},27;

» F. Prismes armés de 8 barres longitudinales de 9^{mm}, réunies par des ceintures espacées de 80^{mm}, conformément à un type très employé.

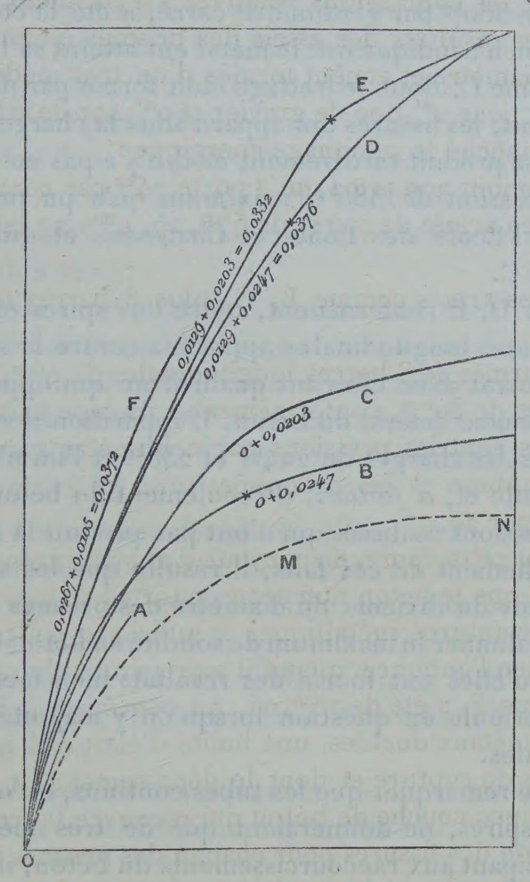
» Les abscisses sont les pressions par centimètre carré à l'échelle de 0^{mm},4 par kilogramme et les ordonnées sont les raccourcissements par mètre multipliés par 20.

» En examinant cette épure, on constate d'abord, sur les prismes A et F, ce fait bien connu que le béton non armé, ou armé de barres longitudinales réunies par des ceintures métalliques insuffisantes ou trop espacées, se brise, sans que rien l'annonce, quand il a pris un faible raccourcissement, qui, pour le prisme F, a été de 1^{mm},05. Au contraire, le béton fretté possède, comme les métaux ductiles, une limite d'élasticité qui est bien inférieure à la charge de rupture et dont le dépassement est annoncé par des fissures dans la mince couche de béton qui recouvre le frettage. Une croix indique l'apparition des fissures pour chacun des prismes B, D, E. La croix relative à la courbe C serait en dehors de l'épure avec une abscisse de 3^{mm},55.

» Les raccourcissements supportés par les prismes frettés, avant l'écrasement, sortiraient beaucoup du cadre de la figure. Ils ont varié entre 15^{mm} et 30^{mm} par mètre.

» On remarquera que les résistances fournies par les divers prismes pour un même raccourcissement sont loin de varier en proportion du pourcentage de métal (rapport du volume du métal au volume total) qui est indiqué à côté de chaque courbe; le premier chiffre est le pourcentage des barres longitudinales, le deuxième celui des frettes ou, à défaut, celui des ceintures réunissant ces barres; le troisième est le pourcentage total.

» Pour préciser cette apparente anomalie, on se servira de la formule établie dans la Communication précédente, dont il résulte que la résistance donnée au béton par le frottement que produit le frettage est égale à la



résistance propre d'armatures longitudinales dont le poids serait égal à celui des frettes multiplié par $g\frac{K}{2} = 0,90$. Elle permet d'établir le Tableau suivant :

Prismes.	B.	C.	D.	E.
Résistance calculée due au frottement...	31^{kg}	25^{kg}	50^{kg}	43^{kg}
Excès de la résistance constatée sur celle du prisme témoin..................	14^{kg}	15^{kg}	36^{kg}	35^{kg}
Rapport des deux chiffres..............	0,45	0,60	0,72	0,81

» L'explication des grandes différences que présentent les valeurs de ce rapport m'a été fournie par l'observation des circonstances de l'expérience. Pendant le chargement du prisme B, les fissures ont apparu sous la

faible charge de 122^{kg} et, bientôt après, on a vu le béton s'écailler d'abord et finalement s'écouler entre les spires formant le frettage dont l'écartement d'axe en axe était de 30^{mm}. L'écrasement du prisme, qui a eu lieu sous la charge de 360^{kg} par centimètre carré, a été la conséquence de cet écoulement et rien n'a indiqué que le métal eût atteint sa limite d'élasticité.

» Dans le prisme C, dont le frettage était formé par des spires écartées de 15^{mm} seulement, les fissures ont apparu sous la charge de 174^{kg}; l'écaillement aussi s'est produit tardivement et il n'y a pas eu d'écoulement du béton sous la pression de 380^{kg}, maximum qu'a pu produire la presse hydraulique de l'École des Ponts et Chaussées et qui n'a pas suffi à écraser le prisme C.

» Les prismes D, E renfermaient, outre des spires espacées de 30^{mm}, 15^{mm}, huit armatures longitudinales appuyées contre la surface intérieure des spires et formant avec elles un quadrillage qui opposait un obstacle efficace au gonflement latéral du béton. L'apparition des fissures ne s'est produite que sous les charges de 204^{kg} et 238^{kg} et l'on n'a pas observé de gonflement sensible et, *a fortiori*, d'écoulement du béton entre les armatures sous les pressions réalisées qui n'ont pas produit la rupture.

» Du rapprochement de ces faits, il résulte que les spires écartées du cinquième et même du dixième du diamètre des prismes n'ont pas suffi, à elles seules, pour donner le maximum de solidité au béton employé dans ces expériences et qu'elles ont fourni des résultats bien meilleurs et voisins de ceux de la formule en question lorsqu'on y a ajouté de faibles armatures longitudinales.

» Il importe de remarquer que les tubes continus, qu'on pourrait croire préférables aux spires, ne donneraient que de très médiocres résultats parce que, participant aux raccourcissements du béton, ils se gonfleraient et se fatigueraient comme lui et ne pourraient, par suite, combattre son gonflement et sa fatigue.

» On doit rappeler aussi que, la tendance au retrait du béton conservé dans l'air étant gênée dans les pièces armées, il en résulte une diminution du coefficient d'élasticité que j'ai signalée en 1900. Elle réduit la résistance produite par une déformation déterminée et, si l'on n'en tient pas compte, on attribue une valeur trop faible à l'augmentation de résistance que produit le frettage. Il est donc vraisemblable que la perte de résistance due à l'écartement des armatures a été bien inférieure, en réalité, à $1,00 - 0,81 = 0,19$ pour le prisme E.

» La formule étant vérifiée sous cette réserve, là où elle peut l'être,

c'est-à-dire dans la limite des déformations que le béton non armé peut supporter sans rupture, il paraît légitime d'admettre qu'elle est exacte au delà. Si donc, des résistances du prisme E constatées pour un certain nombre de raccourcissements, on retranche graphiquement les résistances correspondantes des armatures longitudinales et celles des frettes calculées par la formule en question, on obtiendra une courbe OMN dont les ordonnées seront égales ou peu inférieures aux valeurs de la résistance propre que le béton produit dans les pièces frettées lorsqu'il subit des raccourcissements supérieurs à ceux que supporte le béton non armé. On remarquera l'analogie de cette courbe de pression du béton fretté avec la courbe de traction du béton armé.

» De l'étude de la courbe OMN il résulte que, dans le prisme E, *la résistance propre du béton a continué à augmenter au delà de la charge de rupture du béton non armé, mais de moins en moins rapidement, jusqu'à ce que le raccourcissement se fût élevé à* 2^{mm} *par mètre environ, et qu'elle a atteint alors une valeur dépassant de près de* 50 *pour* 100 *la résistance à l'écrasement du prisme témoin.*

» On prépare des prismes formés de béton riche qui permettront de vérifier si les conclusions qui semblent ressortir de ces faits peuvent être généralisées. En cas de résultat favorable, on aurait le moyen de calculer la résistance à l'écrasement, ainsi que la limite d'élasticité et les valeurs successives du coefficient d'élasticité d'un prisme fretté de dosage et de disposition quelconques, et l'on pourrait déterminer la charge de flambement.

» Le développement des conséquences pratiques qui découlent de cette étude scientifique ne seraient point à leur place ici. »

CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'éruption de la Martinique.* Note de MM. **A. Lacroix, Rollet de l'Isle** et **Giraud**, délégués de l'Académie.

2° La catastrophe de Saint-Pierre.

« Le fait qui domine toute l'histoire de l'éruption actuelle de la Montagne Pelée est la catastrophe du 8 mai qui, en quelques minutes, a détruit la ville de Saint-Pierre et ses 30000 habitants, anéanti de nombreuses habitations du voisinage, ainsi que les navires qui se trouvaient en rade.

» Nous nous sommes donc préoccupés de rechercher les causes de ce phénomène; pour cette étude, nous nous sommes heurtés à des difficultés nombreuses. Arrivés en effet à la Martinique un mois et demi après l'événement, alors qu'une nouvelle éruption, celle du 20 mai, produite dans des conditions probablement analogues, était venue parachever l'œuvre de destruction, nous avons dû nous contenter d'étudier les produits volcaniques tombés sur la ville ou à son voisinage, de rechercher les effets mécaniques, calorifiques ou physiologiques produits par le phénomène, de recueillir et de discuter les récits du petit nombre de témoins qui ont survécu, récits qui, d'ailleurs, sont loin d'avoir été toujours concordants.

» Nous avons montré antérieurement que les alentours du cratère de la Montagne Pelée, sur un rayon de 2^{km} à 3^{km}, sont entièrement dévastés; d'autre part, les cendres projetées par le volcan sont surtout abondantes dans un secteur, situé sur les côtes Ouest et Sud-Ouest de la Montagne Pelée et compris entre le cratère, l'îlot de la Perle au nord du Prêcheur et le Carbet. Dans ce large secteur, il en existe un autre plus petit, compris à peu près entre le bourg de Sainte-Philomène et le sud de la ville de Saint-Pierre : la dévastation y a atteint son maximum; sauf sur ses bords, toute végétation, toute habitation ont été plus ou moins totalement détruites, tous les êtres vivants qui s'y trouvaient le 8 mai au matin ont été tués, à l'exception de quelques rares blessés.

» Nous ferons remarquer immédiatement la dissymétrie de cette zone dévastée par rapport au cratère, dissymétrie qui, jusqu'au 1er août, date de notre départ de la Martinique, a persisté dans les effets des éruptions qui ont suivi celle du 8 mai. Nous noterons, en outre, que la direction des fissures, jalonnée par les fumerolles de la vallée de la rivière Blanche, sert sensiblement de médiane au secteur de la dévastation.

» Ces fumerolles, actives depuis le commencement de l'éruption, sont localisées sur le côté Sud-Ouest de la Montagne Pelée.

» *Produits de projection.* — L'étude de la nature et de la distribution des produits de projection dans la zone dévastée permet immédiatement d'éliminer l'hypothèse d'une destruction, produite par un bombardement de la ville de Saint-Pierre et de ses environs par des blocs de lave incandescente ou par la seule chute d'une très grande quantité de cendres. Nous avons montré déjà que les bombes de la grosseur du poing, si nombreuses sur les bords du cratère, ne sont pas parvenues directement au delà de 800^m de celui-ci. Quant à l'apport de cendres, quoique relativement assez considérable dans le quartier du Fort, il a été insuffisant, dans la plupart des

points considérés, pour déterminer à lui seul l'effondrement des maisons.

» Il est donc, par suite, nécessaire d'admettre que le désastre est dû à l'existence d'une poussée de gaz et de vapeur à haute température, ayant certainement entraîné des cendres et des lapillis, mais qui paraissent toutefois n'avoir joué qu'un rôle accessoire dans le phénomène. L'existence de cette poussée est mise en évidence à la fois par ses effets mécaniques, calorifiques et physiologiques, qui ont été ou qui peuvent être constatés, et par les récits des survivants de la catastrophe.

» *Effets mécaniques.* — L'étude des flancs de la Montagne Pelée et celle des ruines de Saint-Pierre permettent de préciser les effets mécaniques produits dans la zone de dévastation. Entre le cratère, Sainte-Philomène et Saint-Pierre, il n'existe plus rien; le sol est nu : villas, usines, bois, cultures, tout a disparu. Dans Saint-Pierre même, l'emplacement du quartier du Fort, le plus rapproché du volcan, était encore le 22 juin recouvert par une sorte de dune de cendres à surface ondulée. Depuis lors, l'érosion, très active pendant cette saison des pluies, met peu à peu à découvert ruines et cadavres et montre que beaucoup de maisons de la partie haute du quartier ont été rasées au niveau du sol; il en est de même pour le quartier du centre, situé sur la rive gauche de la Roxelane. Quant aux maisons placées sur la rive droite de cette dernière rivière et adossées au coteau sur lequel se trouvait le quartier du Fort, elles ont été, en partie, protégées et n'ont subi que la démolition partielle, si caractéristique dans le sud de la ville. Lorsque, en effet, on s'avance dans cette direction, on constate que la dévastation y a été moins complète : les maisons ne sont souvent que partiellement renversées et, dans le quartier du Mouillage notamment, où les rues principales ont une orientation oscillant autour du Nord-Sud ou dans une direction perpendiculaire, on constate que les murs dont le plan est dirigé Nord-Sud ou dans des directions voisines sont presque entièrement debout, alors que les autres n'existent plus ou presque plus.

» Dans toute la ville, les arbres sont brisés ou déracinés; dans ce dernier cas, ils sont renversés vers le Sud; c'est dans cette direction qu'est tombé le phare; la vierge colossale en fonte qui se trouvait sur le Morne d'Orange, au-dessus de la batterie Sainte-Marthe, a été renversée dans la même direction; elle gît non brisée à quelques mètres au delà de son socle [1].

---

[1] Les canons de la batterie Sainte-Marthe, placés à côté de leurs affûts renversés,

» Cette constance de l'orientation de tout ce qui a été renversé est particulièrement frappante dans le cimetière du Mouillage. Les grilles de fer ont été arrachées et projetées vers le Sud ; des pierres tombales de marbre placées à plat sur les caveaux ont elles-mêmes subi un déplacement dans la même direction. Enfin, de nombreux cadavres ont été retrouvés dans les rues, également orientés la tête vers le Sud.

» Lorsqu'on s'éloigne de Saint-Pierre dans la direction de l'Est, sur le Morne d'Orange ou dans le quartier des Trois-Ponts, par exemple, on constate l'atténuation progressive des actions mécaniques : les arbres ne sont plus renversés, mais seulement dépourvus de leurs branches et de leurs feuilles, les maisons sont moins atteintes, parfois même quelques-unes d'entre elles subsistent presque intactes, puis on arrive à une zone extérieure où seul le feuillage des arbres a souffert. Des observations du même genre peuvent être faites du côté du Prêcheur, à la bordure de la zone dévastée.

» L'existence d'une poussée gazeuse formidable, dont l'origine doit être recherchée au nord de la ville de Saint-Pierre, est donc évidente ; mais, d'autre part, comme la ville se trouve à l'une des extrémités du secteur dévasté, il est, en outre, nécessaire d'admettre que cette poussée n'a pas été rectiligne, mais s'est produite en éventail de façon à couvrir toute la surface comprise entre Sainte-Philomène et Saint-Pierre ; nous discuterons plus loin quelle est la position probable de son point de sortie.

» *Effets calorifiques et physiologiques.* — Au point de vue des phénomènes calorifiques et physiologiques, il y a lieu également de distinguer un secteur central, qui est sensiblement celui dans lequel les effets mécaniques ont atteint leur maximum, et un autre, plus étroit, extérieur, dans lequel les effets destructeurs ont été progressivement en s'atténuant. Dans le secteur central, on n'a plus trouvé trace de vie ; les cadavres étaient entièrement nus, méconnaissables, superficiellement carbonisés ; leurs cheveux et leurs poils étaient brûlés. La position d'un très grand nombre d'entre eux semble indiquer qu'ils ont été surpris par une mort foudroyante ; les symptômes d'asphyxie (langue tuméfiée pendante, contracture des membres, etc.) étaient souvent manifestes. Les maisons ont été incendiées, mais l'incendie n'a pas été total ; on rencontre des débris de maisons épargnées à côté d'autres partiellement ou entièrement brûlées. Il semble que la ville ait été soumise à une température élevée, mais pendant

---

n'ont pas été jetés à terre par la poussée volcanique, comme on l'a écrit ; ils étaient démontés depuis plusieurs années.

un temps très court, de telle sorte que les objets peu combustibles ou préservés par des causes locales ou accidentelles [1] n'ont souvent pas eu le temps de s'enflammer, quand ils n'ont pas subi l'influence de foyers d'incendie voisins, particulièrement intenses dans cette ville où les usines et notamment les rhumeries étaient nombreuses. Il est à remarquer que la ville de Saint-Pierre était construite en pierre, avec les toitures en tuile ou en tôle galvanisée.

» La température n'a été suffisante pour fondre aucun des objets métalliques (poutres, grilles, balcons de fer, fils de cuivre du téléphone) autrefois exposés à l'air et que l'on rencontre en grande abondance dans les décombres de la ville.

» Dans le secteur extérieur, et notamment dans les faubourgs ou la banlieue de la ville (quartier des Trois-Ponts, Morne d'Orange, etc.), la proportion des maisons non brûlées, des arbres non carbonisés [2] augmente très rapidement, et l'on trouve des habitations qui, bien que construites en bois, ne montrent pas trace d'incendie. Dans ces dernières (Carbet), les habitants ont été rencontrés asphyxiés, conservant des positions naturelles qui semblent indiquer une mort soudaine; leurs vêtements n'étaient pas endommagés [3].

» Dans le voisinage, les cadavres recueillis en dehors des maisons présentaient des traces d'asphyxie, en même temps que des brûlures; leurs vêtements ne sont que partiellement carbonisés. Enfin, à la limite de la zone que nous étudions, se trouvaient des blessés, dont quelques-uns ont survécu; ce sont ceux que nous avons interrogés; sur eux, on n'a plus observé, ou presque plus, de carbonisation; leurs vêtements étaient intacts, leurs blessures consistaient en brûlures superficielles, mais très étendues, de toutes les parties découvertes; les cheveux et la barbe étaient intacts. On a constaté aussi des brûlures des lèvres, des premières voies digestives, des voies respiratoires, enfin parfois des signes de pneumonie. Les paupières étaient parfois tuméfiées, brûlées, mais les yeux intacts.

---

(1) C'est ainsi que nous avons trouvé dans le quartier du Fort des cartouches de revolver et des tuyaux de caoutchouc intacts. Dans le quartier du Mouillage, nous avons rencontré, dans la cour d'une maison en partie incendiée, une femme immergée dans un bassin et ayant ses vêtements non brûlés.

(2) Ceux-ci sont souvent carbonisés ou dépourvus de leur écorce du côté de la montagne seulement.

(3) Des chiens et des chats ont été trouvés vivants dans quelques-unes de ces maisons *closes*, dont les habitants étaient asphyxiés.

Beaucoup de ces blessés ont été certainement brûlés par de la vapeur d'eau ou par un gaz à haute température, mais d'autres avaient, en outre, absorbé une plus ou moins grande quantité de cendres chaudes. Tel a été, en particulier, le cas de ceux qui ont péri à bord du *Roraima*, navire qui était mouillé devant Saint-Pierre. Ce navire, de même que le *Roddam*, le *Teresa-Lovico*, se trouvait à une plus ou moins grande distance du rivage, près de la limite d'action de la poussée gazeuse, qui semble avoir eu, au point de vue calorifique, une action moindre sur mer que sur la terre voisine.

» En résumé, toutes ces observations indiquent l'action rapide et persistante d'une source de calorique à haute température, produisant l'asphyxie. Dans une zone centrale, la température a été assez élevée pour déterminer l'incendie, carboniser superficiellement les cadavres après avoir brûlé leurs vêtements, mais elle a été insuffisante pour fondre des fils minces de cuivre (1054°). A l'extérieur de cette zone, les phénomènes d'asphyxie ont persisté, mais la température s'est abaissée de telle sorte que des vêtements même ne pouvaient plus être carbonisés; enfin, plus extérieurement encore, la vie a été généralement possible et les êtres vivants ont eu à souffrir soit simplement de gêne respiratoire, soit de brûlures analogues à celles que produit la vapeur d'eau dans des explosions de machines à vapeur, avec parfois en outre action évidente de cendres chaudes.

» Ces faits d'observation étant établis, passons aux récits des témoins que nous avons interrogés ou dont les déclarations ont été publiées. Ceux-ci sont soit des personnes qui, au moment de l'éruption, ont observé le volcan de localités situées au dehors de la zone dévastée (Morne Rouge, Parnasse, haut du Morne d'Orange, etc.), soit des personnes se trouvant sur la limite extérieure de celle-ci (à bord des navires ou sur la terre ferme); ces récits ne sont malheureusement pas tous concordants, mais les faits suivants peuvent être définitivement établis. Nous publierons d'ailleurs plus tard, avec le compte rendu complet de notre mission, tous les témoignages que nous avons recueillis, leur longueur ne permettant pas de les intercaler dans ce rapport préliminaire.

» Après plusieurs jours d'éruptions préliminaires, le 8 mai, un peu avant 8^h du matin, alors que le ciel était pur et que le volcan lançait verticalement, comme il le faisait depuis quelque temps, un panache de vapeur, on entendit, venant du cratère, une détonation formidable, en même temps qu'un nuage noir, très épais, dévalait de la montagne dans la direction Nord-Est-Sud-Ouest, vers Saint-Pierre. Ce nuage était sillonné d'éclairs; il

était animé d'une grande vitesse, de telle sorte qu'en 2 ou 3 minutes, peut-être moins, il avait dépassé Saint-Pierre, dont l'extrémité Sud est distante d'environ 8^{km} du cratère. Ce nuage était dense, car ses volutes, roulant les unes sur les autres, se maintenaient à la surface du sol. Sur son passage, il renverse habitations et monuments, brise ou déracine les arbres, soulève horizontalement la surface de la mer, démâte les navires au ras du pont et en coule plusieurs. Enfin, il anéantit tous les êtres vivants. Une obscurité profonde s'étend immédiatement sur son trajet, mais à son contact tous les objets combustibles s'enflamment : arbres, champs de cannes, la ville entière, les navires en rade flambent en un instant. Presque aussitôt se produit une chute de petits lapillis et de cendres, bientôt transformées en boue par une pluie diluvienne qui dure près de 30 minutes. Aussitôt après le passage de la poussée gazeuse, un vent de retour en sens inverse s'est produit, sauvant ainsi la vie à plusieurs personnes au sud de Saint-Pierre. Une heure après le commencement du phénomène, le ciel redevint pur.

» Les contradictions dans les récits portent sur les deux questions que nous devons discuter comme conclusion à cette étude : Quelle était la constitution de la poussée gazeuse qui a détruit Saint-Pierre et d'où est-elle partie?

» En effet, tandis que la plupart des témoins affirment que le nuage, vu de front ou de côté, était obscur, un petit nombre disent y avoir vu des points de feu, et l'un d'eux même a parlé de flammes partant du cratère et se dirigeant sur Saint-Pierre. D'autre part, tandis que les témoins que nous avons entendus, sauf un, disent avoir vu le nuage obscur partir du haut de la montagne pour se diriger sur Saint-Pierre, deux autres, cités par M. Robert T. Hill, l'un des géologues américains, qui vient de publier un compte rendu de l'éruption, prétendent l'avoir vu partir d'un nouveau cratère qui serait situé dans la vallée de la rivière Blanche, à deux milles de la côte ; un des témoins que nous avons entendus dit avoir vu le nuage obscur occuper tout l'espace compris entre la mer et un point situé à 200^m ou 300^m au-dessous du cratère.

» En ce qui concerne la nature du nuage destructeur, il est un certain nombre de faits qui sont hors de doute. Ce nuage était certainement essentiellement constitué par de la vapeur d'eau et par des cendres. Les cendres ont été constatées avec évidence d'abord à terre et aussi sur les blessés survivants : la plupart d'entre eux étaient absolument couverts par de la boue gluante. C'est à la présence des cendres qu'étaient dues la couleur et la forte densité du nuage. Nous avons vu, dans les fumerolles du bord

de la côte, comment les bouffées de vapeur d'eau entraînant de la cendre par éboulement des falaises roulaient lourdement à la surface de la mer, au lieu de s'élever comme lorsqu'elles en étaient dépourvues.

» La présence d'une grande quantité de vapeur d'eau n'est pas douteuse; celle-ci constitue en effet la partie prédominante de toutes les émanations volcaniques, en général, et de toutes celles de l'éruption actuelle du Mont Pelé en particulier. Son existence est encore prouvée par l'abondante condensation qui s'est produite au cours du phénomène et qui a déterminé la pluie torrentielle dont il a été question plus haut. Enfin, il faut noter à ce point de vue toutes les brûlures subies par les blessés de la zone extérieure, et notamment de ceux qui ont été brûlés sans subir aucun phénomène d'asphyxie.

» Tout ce que nous savons sur les émanations volcaniques et ce que nous avons personnellement constaté sur les fumerolles de l'éruption actuelle tend à indiquer comme vraisemblable la présence d'acide sulfureux et d'hydrogène sulfuré mélangés à la vapeur d'eau, mais il semble douteux que ces gaz aient joué un rôle bien considérable; les témoins ne sont pas d'accord, en effet, dans leurs observations à cet égard; les uns parlent d'une odeur de soufre qu'ils auraient sentie, les autres sont très affirmatifs sur l'absence d'odeur au moment où ils ont été brûlés. Nous avons recueilli un très grand nombre d'objets métalliques, dans l'espoir d'y trouver des traces permanentes de l'action de ces gaz. Nous n'avons guère obtenu que des résultats négatifs [1]. Parmi ces objets, les uns sont intacts (fils et plaques de cuivre, tuyaux de plomb, chromate de plomb trouvé dans les ruines d'une maison), ou bien présentent des oxydations banales dans un climat chaud et humide (objets de fer, de cuivre, de plomb); les autres ont bien subi des transformations, mais celles-ci sont attribuables à l'action de la chaleur à laquelle ils ont été soumis dans les maisons incendiées: tel est le cas de beaucoup d'objets d'argent, de pièces d'or, qui sont recouverts d'un enduit noir d'oxyde de cuivre. Il est possible que l'étude, que nous n'avons pas achevée, d'autres objets d'argent y indique l'existence de traces de soufre, mais cela ne nous fournirait pas une certitude au sujet du nuage du 8 mai, car depuis plusieurs jours on

(1) On a parlé de fragments de soufre recueillis dans les ruines de Saint-Pierre; ils n'ont rien de volcanique. Nous avons nous-mêmes trouvé, dans la zone périphérique, des fragments de soufre au voisinage de poteaux téléphoniques renversés; ils provenaient du scellement des isolateurs.

avait signalé, dans les maisons, au voisinage des fumerolles la sulfuration des objets d'argent.

» Les mêmes observations négatives peuvent être faites au sujet de la présence possible de l'acide chlorhydrique. Il faut noter en outre que les vêtements des blessés que nous avons pu voir ne portaient aucune trace de corrosion, ni de décoloration pouvant indiquer la présence de gaz acides.

» Il s'agit d'interpréter les causes de l'incendie. Nous devons tout d'abord éliminer l'hypothèse qui a été mise en avant et qui l'attribue à des décharges électriques. La présence d'éclairs sillonnant le nuage noir a été signalée par tous les observateurs, elle est incontestable. Des coups de foudre expliqueraient des incendies locaux, mais non l'embrasement général et simultané de toute la ville, ni celui de la végétation des flancs de la Montagne Pelée. Aucun phénomène de ce genre n'a été signalé à bord des navires, et nous n'avons recueilli aucune fulgurite dans les décombres de la ville; elles eussent été certainement nombreuses, si celle-ci avait été foudroyée en grand.

» Les actions calorifiques ont donc été produites par le nuage lui-même, et la question qui reste à résoudre est de savoir si sa température était originellement très élevée, s'il était constitué simplement par de la vapeur d'eau surchauffée mélangée à d'autres gaz inertes (acide carbonique, par exemple) et tenant en suspension des cendres et des lapillis à la même température qu'elle, ou s'il renfermait en outre des gaz combustibles s'enflammant au contact de l'oxygène. La présence de ceux-ci n'aurait rien d'anormal; on connaît en effet dans les émanations volcaniques, en fait de gaz combustibles, non seulement l'hydrogène sulfuré, mais encore l'hydrogène et des carbures d'hydrogène.

» Il est nécessaire d'admettre cette dernière hypothèse des gaz combustibles, d'une part si les flammes observées sur la ville et la campagne, à mesure que le nuage les touchait, ne sont pas dues à l'inflammation instantanée des objets combustibles au contact des produits gazeux et solides du nuage surchauffé, et d'une autre, s'il a véritablement existé des flammes dans le nuage (si ce qui a été décrit comme tel par certains témoins n'est pas constitué par les lapillis incandescents).

» La présence des gaz combustibles pourrait expliquer en partie les asphyxies, soit par raréfaction de l'oxygène de l'air, soit par action des résidus de la combustion; pour les asphyxies de la zone centrale, on peut facilement les expliquer, au moins en partie, par l'absorption des fines cendres chaudes tenues en suspension dans la vapeur d'eau,

» Nous réservons la discussion de cette question de la nature des gaz pour le moment où nous aurons le résultat de l'analyse de ceux que nous avons recueillis au cours de l'éruption actuelle et où nous aurons exécuté quelques expériences sur l'action de l'air et de la vapeur d'eau surchauffés sur les matières combustibles, expériences que nous nous proposons d'entreprendre.

» Il nous reste à rechercher d'où est partie l'explosion. On a vu plus haut qu'il existe une contradiction à cet égard dans les témoignages des personnes qui ont assisté au phénomène. M. Hill place la sortie de la poussée dans un orifice situé à environ 1000^m au-dessous du sommet, dans la haute vallée de la rivière Blanche. Cette opinion est basée sur le récit d'un officier du *Roraima,* qui a dit avoir vu le nuage partir de ce point. Elle est séduisante, car le point considéré est beaucoup plus rapproché de la ville de Saint-Pierre que le cratère, et il est situé sur la direction des fissures de la rivière Blanche. Mais, d'autre part, nous n'avons jamais vu sortir de cette région autre chose que les produits normaux des autres fumerolles de cette vallée (vapeur d'eau, hydrogène sulfuré), nous n'avons pas observé de sortie de cendres en ce point, et l'on a vu que le nuage destructeur était riche en ces matières. Il semble difficile d'admettre qu'une projection aussi violente que celle du 8 mai n'ait pas laissé à sa bouche de sortie d'importantes traces; or nous n'en avons pas observé de décisives. Il nous semble donc préférable de nous rallier à l'hypothèse faisant partir le nuage du cratère lui-même, bien que nous ne puissions pas en donner la démonstration. Celle-ci ne pourrait être faite que par l'étude de l'intérieur du cratère et par la constatation de l'existence de fissures de direction convenable. La plupart des témoins dont nous avons recueilli les récits n'hésitent pas à dire qu'ils ont vu ce nuage partir du sommet de la montagne et non pas de sa base.

» Quoi qu'il en soit des incertitudes que nous devons laisser sur ces divers sujets, il ne semble pas que l'éruption du 8 mai soit exceptionnelle par essence; elle paraît avoir tiré sa puissance destructive de la direction qu'ont prise les produits de projection, qui, au lieu d'être poussés verticalement, comme cela est généralement le cas dans les éruptions volcaniques, l'ont été obliquement (quelle que soit d'ailleurs l'hypothèse que l'on admette pour le point de sortie) et précisément dans la direction de cette malheureuse ville.

3° *Conclusions.*

» En terminant, nous résumerons rapidement les caractéristiques de l'éruption actuelle. Jusqu'au 31 juillet, date de notre départ de la Martinique, elle a consisté exclusivement dans une phase explosive, elle n'a produit aucune coulée de lave.

» On n'a constaté ni fente béante (en dehors du cratère), ni changement de niveau du rivage, ni affaissement ou soulèvement notables dans l'intérieur des terres, ni modifications appréciables des fonds au voisinage de la côte; aucune secousse importante de tremblement de terre n'a été ressentie; les grandes explosions ont été accompagnées d'une dépression barométrique subite et de petits ras de marée, parfois meurtriers, au Carbet et se faisant sentir jusqu'à Fort-de-France.

» Les blocs de lave incandescente n'ont été projetés qu'à quelques centaines de mètres du cratère, mais l'aire de distribution des cendres et des lapillis s'est étendue sur toute la Martinique, lors des grandes explosions.

» L'aire de dévastation complète a été, jusqu'au 31 juillet, limitée à une zone périphérique de 2^{km} à 3^{km} autour du cratère et à une zone comprenant toute la côte Ouest, entre l'îlot de la Perle et les premières maisons du Carbet.

» Une caractéristique importante de cette éruption réside dans la fréquence des poussées très denses de gaz et de vapeurs entraînant des cendres, qui ont coûté la vie à tant d'infortunées victimes. Les émissions boueuses ont été répétées et importantes, les manifestations électriques tout à fait remarquables.

» C'est au milieu de la zone dévastée, nettement dissymétrique par rapport au volcan, que se trouvent une grande quantité de fumerolles sulfhydriques, dans la direction du Sud-Ouest et dans le prolongement de la large brèche ouverte dans le haut de la Montagne Pelée.

» Ces fumerolles jalonnent, dans la vallée de la rivière Blanche, une direction de fissures se trouvant vraisemblablement sur la prolongation de la fente du cratère; c'est sans doute à la position et à la forme de celle-ci qu'est due la direction des poussées obliques en éventail auxquelles nous avons attribué la destruction de Saint-Pierre. Cette direction de fissures se prolonge dans la mer et doit être la cause de la rupture du câble sous-marin français.

» Des paroxysmes, séparés par des périodes de calme relatif, ont été

nombreux au commencement de l'éruption (8 mai, 20 mai, 26 mai, 6 juin), puis plus éloignés (9 juillet) ([1]). Nous constatons que l'éruption se poursuit, *mais il ne saurait être question de faire aucune prédiction sur l'avenir.* L'histoire des volcans andésitiques du genre du Mont Pelé montre qu'ils se comportent dans leurs éruptions de façon différente; les grandes explosions, comme celle du Krakatoa, ou la production de coulées de laves sont dans tous possibles, mais non nécessaires.

» Il sera particulièrement utile, au point de vue de la sécurité de l'île (agrandissement possible vers le Nord et vers l'Est de la zone de dévastation), comme au point de vue scientifique, de suivre attentivement la marche ultérieure des événements et de voir si les fissures, se manifestant par des fumerolles, resteront localisées dans leur direction primordiale, ou bien si elles se continueront sur les flancs nord-est de la montagne, suivant un diamètre, ou encore se produiront en éventail dans diverses directions. Nous n'avons recueilli aucune indication à cet égard en dehors de l'existence de la sortie boueuse de Trianon et peut-être d'une autre dans la vallée de la Basse-Pointe; mais, comme elles n'ont pas fonctionné pendant notre séjour, nous n'avons sur elles aucun document personnel.

» Dans le cas où le volcan entrerait prochainement dans une phase de coulées, il est vraisemblable, d'après la disposition du cratère, que celles-ci s'épancheraient dans la vallée de la rivière Blanche, c'est-à-dire vers la mer, dans la région de dévastation maximum.

» Nous avons appelé plus haut l'attention sur les désastres produits par les torrents dans tout le massif de la Montagne Pelée; ils ont été la conséquence des condensations atmosphériques particulièrement intenses sur la Montagne Pelée pendant l'éruption, ou plus ou moins directement dus à des émissions d'eau boueuse. Il est certain que les phénomènes torrentiels survivront à l'éruption actuelle et seront à redouter aussi longtemps que les flancs du volcan, formés par des matières éminemment entraînables, seront déboisés. De toute façon, l'évacuation des habitations situées auprès de leur cours inférieur s'impose.

» Au moment où ce Rapport allait être déposé, parvient la nouvelle d'un nouveau désastre dans la partie est et sud-est de la Montagne Pelée. Les dépêches ne permettent pas encore de se faire une idée de leur étendue, de leur nature et de leur origine; mais, dans tous les cas, elles indiquent

---

([1]) De nouvelles éruptions graves viennent de se produire : 25, 26 et 30 août.

une augmentation de l'activité du volcan et, ce qui est plus grave, le déplacement ou l'extension de la région dangereuse.

» La situation est donc aujourd'hui très différente de ce qu'elle était à la fin de juillet.

» Cet événement rend de plus en plus nécessaire une étude minutieuse et surtout continue d'une éruption qui s'aggrave d'une façon inquiétante.

» Il n'est pas douteux que l'évacuation du massif entier de la Montagne Pelée, que nous ne considérions pas comme indispensable il y a 1 mois, doit être aujourd'hui effectuée d'une façon complète et maintenue jusqu'à cessation des manifestations volcaniques.

» La surveillance devra désormais être des plus actives sur la limite méridionale du massif, surtout s'il était démontré, une fois les causes de cette dernière catastrophe déterminées, que l'éruption a été due à un nouveau cratère produit sur une fissure latérale.

» Les parties centrale et méridionale de la Martinique sont restées à l'abri de l'action immédiate du volcan ; mais, comme on l'a vu plus haut, le littoral a eu à subir l'effet de ras de marée, chaque fois que s'est produite une violente explosion du volcan. Bien qu'une explosion beaucoup plus violente encore que toutes celles qui ont été constatées jusqu'à ce jour soit nécessaire pour déterminer par contre-coup des dommages importants à Fort-de-France, on ne saurait prendre trop de précautions contre un ras de marée éventuel. Du reste, lorsqu'on arrive pour la première fois à la Martinique, on est frappé d'étonnement en voyant la plupart des villes et des villages de la côte construits presque dans la mer ou dans des marais au niveau de celle-ci, alors que presque toujours, et en particulier à Fort-de-France, il eût été possible de bâtir sur les collines voisines toutes les constructions qui, par destination, ne réclament pas la proximité immédiate du rivage. Cette observation est une indication des mesures à prendre d'une façon aussi générale que possible, quand la période troublée actuelle sera parvenue à son terme.

» Notons, en terminant, que l'accumulation d'une grande quantité de réfugiés à Fort-de-France constitue à cet égard, ainsi qu'à beaucoup d'autres, un danger permanent et des plus sérieux. »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'accélération séculaire de la longitude moyenne de la Lune*. Note de M. **H. Andoyer.**

« Comme application de mes recherches antérieures sur la longitude de la Lune, j'ai l'honneur de communiquer à l'Académie l'expression analytique de la partie du coefficient de l'accélération séculaire de la longitude moyenne de la Lune, qui ne dépend que du rapport m des moyens mouvements du Soleil et de la Lune. En désignant par n le moyen mouvement de la Lune, par e' l'excentricité de l'orbite du Soleil, par $e'_0 t$ la perturbation séculaire de cette excentricité, par $\frac{1}{2}\delta n t^2$ le terme en t^2 dans l'expression de la longitude moyenne de la Lune, j'ai trouvé, en profitant des beaux théorèmes de M. S. Newcomb et de M. E.-W. Brown, l'expression

$$\frac{\delta n}{n e' e'_0} = -3m^2 + \frac{3771}{2^5} m^4 + \frac{34047}{2^5} m^5 + \frac{306865}{2^4.3} m^6 + \frac{5701247}{2^6.3} m^7 + \frac{11719935961}{2^{12}.3^3} m^8 + \frac{8797791455}{2^{12}.3^2} m^9 - \frac{4617290155813}{2^{14}.3^5.5} m^{10} \dots$$

» Cette expression diffère, dans ses deux derniers termes, de celle qui a été donnée par Delaunay aux *Comptes rendus* (t. LXXII, 1871); les termes en m^9 et m^{10} de Delaunay sont, en effet,

$$-\frac{1373123345675}{2^{17}.3^2} m^9 - \frac{5379482245633}{2^{14}.3^2.5} m^{10};$$

on devait d'ailleurs s'attendre à cette divergence, puisque, comme je l'ai déjà plusieurs fois fait remarquer, les termes d'ordre élevé donnés par Delaunay dans sa *Théorie de la Lune* sont tous affectés de légères inexactitudes.

» En adoptant, comme Delaunay, les valeurs numériques 0,07480 et $-1270''$ pour m et $n e' e'_0$ (l'unité de temps étant le siècle julien), la formule que je propose donne $\frac{1}{2}\delta n = 5'',700$, tandis que celle de Delaunay donne $\frac{1}{2}\delta n = 5'',765$. En partant des mêmes valeurs numériques, M. E.-W. Brown a trouvé, par l'application d'un procédé empirique très ingénieux,

$$\frac{1}{2}\delta n = 5'',70. »$$

ASTRONOMIE. — *Comète b 1902, découverte le 1er septembre par M. Périne et le 2 septembre, d'une manière indépendante, par M. Borrelly, à l'Observatoire de Marseille. Observations faites par MM.* **Borrelly** *et* **L. Fabry** (chercheur et équatorial d'Eichens), transmises par M. Stéphan.

Septembre.	Temps moy. de Marseille.	Δ en Æ.	Δ en $\mathfrak{P}$.	Nombre de compar.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parall.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parall.	⋆	Obs.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″			
2....	9.50.24	−1.19,84	−1.53,7	5:5	3.16.38,23	$-\bar{1}$,719	54.48.31,4	−0,634	1	B.
2....	11.24. 1	−1.36,70	−4.13,4	4:4	3.16.34,22	$-\bar{1}$,711	54.47. 0,6	−0,613	2	F.
3....	11.17.34	−3.36,99	+2.28,5	4:4	3.15.35,61	$-\bar{1}$,714	54.22.14,5	−0,612	3	F.
4....	10.29.23	+3.17,93	−3.15,4	2:2	3.14.29,93	$-\bar{1}$,726	53.56.58,2	−0,678	4	F.
5....	11. 1.33	−0. 2,11	+0. 7,8	5:5	3.13.14,22	$-\bar{1}$,725	53.28.50,2	−0,618	5	B.

Étoiles de comparaison.

Étoiles.	Grandeur.	Ascension droite 1902,0.	Réduction au jour.	Distance polaire 1902,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1....	9	3.17.54,14	+3,93	54.50.26,0	−0,9	½ 4013, Paris + W_2, IIIh, 307-308.
2....	9	3.18. 6,99	+3,93	54.51.14,9	−0,9	314-315, W_2, IIIh.
3....	9	3.19. 8,62	+3,98	54.19.46,8	−0,8	335, W_2, IIIh.
4....	8	3.11. 7,94	+4,06	54. 0.15,2	−1,6	170, W_2, IIIh.
5....	8,5	3.13.12,23	+4,10	53.28.43,8	−1,4	6086 Lalande.

» *Remarque.* — La comète est assez brillante, elle a un noyau allongé et une queue de 8′ à 10′; le 2 vers 14h, le noyau paraît se dédoubler par instants et former deux petits noyaux arrondis. Le 3, la comète offre sensiblement le même aspect. Le 5, le noyau est plus diffus et l'éclat de la comète paraît diminuer sensiblement. »

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète 1902 b, faites à l'Observatoire de Besançon.* Note de M. **P. Chofardet**, transmise par M. Lœwy.

Dates. 1902.	Étoiles.	Temps moyen de Besançon.	Δα comète.	Δ$\mathfrak{P}$ comète.	Nombre de compar.
		h m s	m s	′ ″	
Septembre 3.....	*a*	15.16.48	+1.26,02	+ 7.26,8	12:9
4.....	*b*	9.29.30	+0.35,60	−12.17,6	12:9
5.....	*c*	12.32.50	−0. 7,50	− 1.20,0	9:3
6.....	*d*	10.33. 2	+2.49,87	− 4.28,5	9:9

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour 1902,0.

Étoiles.	Catalogues.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Réduction au jour.
		h m s	s		
a..	Weisse₂, 225, IIIʰ	3.13.53,78	+4,02	54°.10′.16″,4	— 1″,3
b..	Weisse₂, 225, IIIʰ	»	+4,04	»	— 1,4
c..	rapp. à Weisse₂, 145	3.13.12,29	+4,11	53.28.47,3	— 1,4
d..	Paris, 3859	3. 8.58,65	+4,17	53. 5.45,0	— 1,9

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1902.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s			
Septembre 3.........	3.15.23,82	$\bar{1}$,168$_n$	54°.17′.41″,9	0,278$_n$
4.........	3.14.33,42	$\bar{1}$,683$_n$	53.57.57,4	0,781$_n$
5.........	3.13. 8,90	$\bar{1}$,616$_n$	53.27.25,9	0,504$_n$
6.........	3.11.52,69	$\bar{1}$,699$_n$	53. 1.14,6	0,683$_n$

» Le 3 septembre, la chevelure de la comète, mesurant environ 3′, a un noyau de 9ᵉ grandeur. Une queue, en forme de balai et de direction S.-O., se présente sur une longueur de 7′.

» L'observation du 5 septembre a été faite dans des interstices de nuages. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles et la théorie des ensembles.* Note de M. **Edmond Maillet**, transmise par M. Jordan.

« Nous avons antérieurement (¹) défini des catégories de fonctions ne satisfaisant à aucune équation différentielle rationnelle, de même que Liouville (²) avait défini des catégories de nombres transcendants ne satisfaisant à aucune équation algébrique à coefficients entiers. M. Cantor (³) a obtenu un résultat analogue, mais moins parfait à certains égards, en se basant sur la théorie des ensembles : *L'ensemble des nombres algébriques est dénombrable, tandis que l'ensemble des nombres transcendants a la puissance du continu.*

(¹) *Journal de Mathématiques*, 1902, p. 37.

(²) *Journal de Mathématiques*, 1851.

(³) Borel, *Théorie des fonctions*, p. 26.

» On peut étendre presque immédiatement aux fonctions et aux équations différentielles rationnelles le théorème de M. Cantor. La solution générale de l'équation différentielle rationnelle générale F = o d'ordre $\leqq k \leqq$ I et de degré $\leqq$ I en $x, y, y', \ldots, y^{(k)}$ aux environs de $x = 0$ dépend d'un nombre fini de paramètres arbitraires (théorème de Cauchy). L'ensemble des séries convergentes pour $x = 0$, jouissant même de certaines propriétés particulières (par exemple, l'ensemble des fonctions entières d'ordre fini ρ), dépend d'un nombre infini de paramètres arbitraires.

» Classons dans un même type les solutions ou les séries pour lesquelles les paramètres nuls ont les mêmes indices (les paramètres des séries étant convenablement choisis). Le nombre des types de solutions est dénombrable; le nombre des types de séries a la puissance du continu. Ces séries comprennent donc une infinité de séries qui ne sont solutions d'aucune équation F = o.

» Il en sera de même pour l'ensemble des équations différentielles rationnelles en $x, \xi_1, \ldots, \xi_l, y, y', \ldots, y^{(k)}$ (l limité), $\xi_1, \ldots, \xi_l$ désignant des fonctions de x, les mêmes quel que soit x : par exemple $\log x$, $\log \log x$, ..., e^x, e^{e^x}, ..., px, ζx, ...

» Il y a des extensions aux séries divergentes sommables. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés des enceintes fermées, relatives aux ondes électriques.* Note de M. A. **Turpain**, transmise par M. Mascart.

« Nous nous sommes proposé d'étudier les effets que l'emploi des enceintes fermées permet d'obtenir tant au point de vue de la pénétration des ondes à leur intérieur que de la concentration des ondes produites dans ces enceintes.

» Un dispositif producteur d'ondes ou transmetteur T peut être enfermé dans une caisse de bois tapissée d'étain, mesurant 30^{cm} de longueur, 22^{cm} de largeur et 20^{cm} de hauteur. Un dispositif récepteur R comprenant un cohéreur, un relais et une sonnerie, avec les éléments de pile nécessaires, peut être enfermé dans une enceinte métallique de même dimension que la précédente. Chaque caisse est percée d'une ouverture circulaire de 7^{mm} de rayon par laquelle on peut introduire un conducteur constitué soit par un fil nu, soit par un tube, soit encore par un câble sous plomb, de $10^{m},50$ de longueur.

» Les diverses expériences réalisées peuvent être ainsi résumées :

» 1° Chaque fois que T et R sont placés dans une enceinte métallique complètement close, il n'y a aucune action possible de T sur R (fait signalé antérieurement par M. Branly, *Comptes rendus*, 4 juillet 1898).

» 2° Si l'enceinte métallique qui contient R est munie d'une seule petite ouverture circulaire aux bords de laquelle s'adapte un tube conducteur qui vient déboucher dans l'enceinte contenant T, par une ouverture circulaire, sans que le tube touche les bords de l'ouverture de T, on ne constate aucune action de T sur R. Mais il suffit de découvrir l'enceinte contenant R pour que l'action ait lieu. Les ondes, qui ne pouvaient pénétrer dans l'enceinte munie du tube, se trouvent alors concentrées par le tube conducteur et peuvent agir sur le récepteur.

» On constate les mêmes phénomènes si, conservant les mêmes dispositions pour les enceintes et pour le tube qui les réunit, on permute les positions des dispositifs transmetteur et récepteur, plaçant le transmetteur dans l'enceinte qui contenait précédemment le récepteur et *vice versa*.

» 3° Alors que la communication entre les deux enceintes est impossible lors même qu'un tube conducteur relie les bords des ouvertures circulaires pratiquées dans chaque enceinte, l'action de T sur R se manifeste si le tube conducteur pénètre dans les enceintes sans en toucher le revêtement. Mieux encore, T agit sur R si le tube conducteur est muni suivant son axe d'un conducteur reliant les deux dispositifs.

» 4° Cette action de T sur R au moyen d'un câble à revêtement métallique peut avoir lieu, alors même que le câble est dénudé de son revêtement métallique sur une petite longueur, pourvu qu'il n'y ait pas communication entre le tronçon de câble allant vers le récepteur R et l'âme du câble. T agit sur R alors même que le tronçon provenant du transmetteur T est en contact avec l'âme du câble.

» Ces expériences indiquent les conditions dans lesquelles devront être placés les dispositifs producteur et récepteur d'ondes électriques pour être utilisés dans la télégraphie hertzienne avec fil, alors que le fil conducteur est constitué par un câble. Le revêtement métallique dont tout câble sous-marin ou souterrain est muni devra être continué autour du conducteur axial jusqu'au poste télégraphique. Les dispositifs de chaque poste devront être situés dans une enceinte métallique fermée mise en relation par une ouverture avec le revêtement du câble. Dans ces conditions, une concentration très puissante des ondes électriques sera obtenue, alors qu'elle serait impossible si les ondes passaient du conducteur axial au revêtement métallique du câble au point de la ligne où commence le câble. A partir de ce point, les ondes seraient disséminées dans le sol ou dans l'eau.

» Ces expériences peuvent fournir également quelques renseignements utiles relatifs à l'emploi des enceintes fermées en télégraphie sans fil. Il y aurait avantage, en particulier, à renfermer les organes transmetteurs,

d'une part, les organes récepteurs d'autre part, dans des enceintes métalliques closes, munies chacune d'une ouverture circulaire à laquelle viendrait aboutir un câble sous plomb mettant en relation chaque dispositif avec l'antenne. D'après les expériences faites, il ne doit y avoir aucun inconvénient à relier le revêtement du câble qui vient du transmetteur au conducteur même de l'antenne. En ce qui concerne le récepteur, la mise en contact du revêtement du câble avec l'antenne constituera une très efficace et très commode protection des organes récepteurs contre les ondes issues du poste. Il suffirait, au moment de la réception, de supprimer cette relation, assurée, par exemple, au moyen d'une bague mobile, tout en maintenant les dispositifs récepteurs dans leur enceinte métallique. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un nouvel indicateur acidimétrique.* Note de M. **L.-J. Simon**, présentée par M. H. Moissan.

« Parmi les produits qui se forment accessoirement dans la calcination de l'acide tartrique en présence de bisulfate de potassium on peut isoler un produit nouveau $C^7H^8O^3$, isomère de l'acide pyrotritarique auquel j'ai donné le nom d'acide *isopyrotritarique*. Les solutions ferriques communiquent à sa solution aqueuse une coloration violette intense. Cette coloration est due à l'isopyrotritarate de fer, combinaison cristallisée et bien définie $(C^7H^7O^3)^3Fe.2H^2O$ qui peut servir d'indicateur dans les mesures acidimétriques (*Comptes rendus*, t. CXXXI, 1900, p. 586 et 618).

» Cet indicateur a une propriété curieuse qui n'a été signalée jusqu'ici pour aucun autre : *Il fournit à lui seul les indications que l'on obtient habituellement en employant successivement l'hélianthine* (*orangé III Poirier*) *et la phénolphtaléine.*

» Ce sel, très soluble dans l'eau, lui communique une teinte rouge brun presque noire en solution très concentrée. Par dilution, cette teinte devient rouge orangé puis jaune orangé.

» Les acides provoquent un virage de cette teinte vers le violet en solution concentrée, vers le rose violacé en solution étendue. *Ce virage correspond à celui de l'hélianthine, du jaune au rose.*

» Les alcalis, à leur tour, provoquent une sorte de décoloration de la liqueur jaune orangé ou plus exactement un virage de la teinte jaune orangé vers le jaune-paille. *Ce virage correspond à celui de la phtaléine du blanc au rose violacé.*

» L'existence de ces deux virages permet à cet indicateur de jouer à lui seul le rôle des deux autres. Pour préciser passons en revue quelques cas particuliers.

» 1° *Acide sulfurique*.—La neutralisation d'une solution sulfurique au moyen d'une solution de potasse normale exige N^{cm^3} de cette solution avec l'hélianthine comme indicateur et généralement une goutte ou deux de plus sont nécessaires pour amener la coloration de la phtaléine.

» Avec l'isopyrotritarate ferrique comme indicateur la coloration rose violacée due à l'acide vire au jaune orangé lorsqu'on a ajouté N^{cm^3} de potasse. Une goutte de plus détermine le virage au jaune-paille.

» 2° *Un acide moins énergique*, un acide organique par exemple, amène bien la teinte du sel ferrique au rose violacé, mais, si l'on procède au titrage, il faut utiliser le second virage, celui qui correspond à la phtaléine, et non le premier qui manque parfois de netteté, comme il arrive avec l'hélianthine.

» 3° L'*acide phosphorique* peut être titré au moyen d'hélianthine. Le virage se produit, comme on le sait, après l'addition de la première molécule d'alcali. La phtaléine est colorée après addition de la seconde molécule. Ce virage est généralement moins certain que le premier.

» Avec l'indicateur ferrique, le premier virage se produit exactement comme pour l'hélianthine après l'addition d'une molécule d'alcali et le second comme pour la phtaléine après l'addition de la seconde molécule d'alcali. Dans l'intervalle, la teinte de l'indicateur reste invariable et identique à celle qu'il a en solution dans l'eau pure.

» 4° On sait que l'*acide borique* peut être dosé en présence d'un acide fort en combinant l'emploi de l'hélianthine et de la phtaléine. On neutralise d'abord l'acide minéral en présence d'hélianthine; puis, ceci fait, on ajoute une certaine quantité de glycérine et l'on neutralise en présence de phtaléine l'acide borique, ce qui l'amène à l'état de borate BO^3H^2M.

» Dans les mêmes conditions l'indicateur ferrique présente son premier virage lorsque l'acide minéral est neutralisé et son second virage, toujours en présence de glycérine, lorsque l'acide borique est entièrement passé à l'état de borate monométallique BO^3H^2M.

» 5° Enfin, l'*acide carbonique* et les carbonates alcalins se comportent avec ce réactif comme avec les deux autres. L'acide carbonique et les bicarbonates ne modifient pas la teinte jaune orangé de neutralité (de même que pour l'hélianthine), mais le carbonate neutre provoque le virage alcalin (de même qu'avec la phtaléine). La liqueur alcaline employée aux titrages acidimétriques ne devra donc pas être carbonatée si l'on ne veut pas se heurter à des incertitudes analogues à celles qui résultent dans ce cas de l'emploi de la phtaléine.

» *Remarque I*. — Indépendamment des changements de teinte utilisés dans les exemples précédents il en existe encore un autre. Si une petite quantité d'un acide détermine l'apparition de la coloration violette, un léger excès le fait disparaître, ce qui se comprend d'ailleurs aisément, puisque l'acide isopyrotritarique lui-même est incolore. La teinte violette correspond à un équilibre entre cet acide et l'acide fort. Cet équilibre est rompu à l'avantage de l'acide minéral si celui-ci est en excès ou

même s'il est suffisamment concentré. Dans ce dernier cas, une simple dilution fait reparaître la teinte violette, atténuée bien entendu dans la mesure qu'exige la dilution.

» La disparition de la teinte violette se produit avec un excès d'acide qui varie avec sa nature ; il peut même arriver que cet excès soit assez faible pour empêcher l'observation de la teinte violette. C'est le cas de l'*acide oxalique*, qu'on peut cependant titrer avec cet indicateur comme avec la phtaléine en utilisant son second virage du jaune orangé au jaune-paille sans percevoir à aucun moment la teinte violette.

» *Remarque II.* — On est actuellement d'accord pour dire qu'un milieu est neutre quand ni l'hélianthine, ni la phtaléine n'y rougissent, ces deux conditions étant nécessaires. On peut dire qu'un milieu est neutre quand il ne modifie pas la teinte propre jaune orangé de l'isopyrotritarate de fer, cette condition étant suffisante. A cet égard encore, l'indicateur ferrique suffit non seulement pour indiquer l'acidité ou l'alcalinité d'un milieu, mais encore pour préciser sa neutralité, ce qui exige actuellement l'emploi combiné de deux indicateurs différents.

» En résumé, les observations précédentes, jointes aux justifications numériques dont le détail ne peut trouver place ici, nous autorisent à conclure que l'isopyrotritarate de fer se comporte comme indicateur titrimétrique complexe capable de suppléer à l'emploi combiné de l'hélianthine et de la phtaléine du phénol. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur le corps interrénal des Plagiostomes.* Note de M. **Ed. Grynfeltt**, transmise par M. Alfred Giard.

« Le corps interrénal connu depuis les travaux de Retzius (1819) a attiré à plusieurs reprises l'attention des anatomistes ; Semper, Leydig, Balfour, Chevrel et, plus récemment, Pettit, Diamare, Swale, Vincent, Kohn ont contribué à la connaissance de cet organe. Néanmoins il m'a paru nécessaire de mettre en lumière quelques points qui ont échappé aux auteurs précédemment cités.

» Presque toujours le corps interrénal a été considéré comme un organe impair et médian formé chez les *Squales* par un cordon plus ou moins allongé de substance jaunâtre, renflé par places, retréci ailleurs, parfois au point de se fragmenter en îlots distincts, et chez les Raies représenté souvent par plusieurs amas de substances disposés le long du bord interne des reins, mais quelquefois par une masse ovoïde unique.

» Des nombreuses dissections que j'ai faites en vue d'étudier la disposition anatomique de cet organe, il résulte que le corps interrénal doit être envisagé comme un organe pair. Cette disposition est évidente chez les Raies, et cela non seulement chez les diverses espèces du genre *Raja* que j'ai étudiées (*R. mosaïca, R. punctata, R. marginata, R. clavata*), mais encore chez celles où les auteurs n'ont signalé le plus souvent qu'une masse unique, telles que *Trygon* et *Torpedo*. Dans ces derniers

types, bien que la fragmentation ne soit pas dans certains cas aussi évidente que chez *Raja* et *Torpedo*, elle n'en existe pas moins; mais les petits fragments sont parfois réduits au point d'être à peine visibles à la loupe. Et comme ils existent toujours irrégulièrement disposés sur le bord interne de l'un et de l'autre rein, il en résulte que dans presque tous les cas, sinon dans tous, le corps interrénal est une formation paire, quoique non symétrique.

» Chez les Squales, la disposition paire de l'interrénal est beaucoup moins marquée et est souvent même méconnaissable. Néanmoins il est des cas où le cordon unique en apparence est interrompu, et où les deux extrémités voisines chevauchent l'une sur l'autre, ainsi que je l'ai observé quelquefois et que Diamare l'a représenté dans une de ses figures, si bien que, sur des coupes transversales passant à ce niveau, ce n'est plus un seul, mais deux interrénaux que l'on trouve entre les deux reins. Du reste, cette manière de concevoir l'interrénal comme un organe pair est en parfaite concordance avec les données de van Wijhe sur le développement de cet organe. Il a montré qu'à l'origine, chez les Squales, l'ébauche de l'interrénal est paire, mais que les parties qui en dérivent se fusionnent rapidement en une masse impaire. La disposition signalée chez les Raies indique que, dans l'immense majorité des cas, sinon dans tous, la parité primordiale de l'organe persiste chez elles toute la vie, tandis que chez les Squales elle se modifie le plus souvent au cours du développement. Mais, de l'examen attentif de certains cas, il résulte néanmoins que, dans ce groupe, l'interrénal doit aussi être considéré comme un organe typiquement pair.

» La structure du corps interrénal est celle d'une glande vasculaire sanguine. Ainsi que l'ont signalé les auteurs (Diamare, Swale, Vincent, Kohn), cet organe est essentiellement constitué par des cordons cellulaires flexueux, largement anastomosés entre eux de manière à former une sorte de réseau dans les mailles duquel est intriqué un réseau de capillaires sanguins volumineux. Un détail de structure de ces cordons n'a pas été signalé par ces auteurs, à savoir la présence à leur surface d'une mince membrane d'enveloppe absolument anhiste. Facile à apercevoir chez certaines espèces où elle est plus accusée (*Centrinà vulpecula*, *Myliobatis aquila*), elle se distingue, par des particularités de coloration, de la paroi des capillaires. Chez *Myliobatis*, elle forme souvent des cloisons de refend fort caractéristiques à ce point de vue.

» Dans la plupart des espèces ces cordons sont pleins. Chez *Myliobatis*, cependant, on voit parfois au centre de cordons coupés transversalement des espaces où les cellules ont été écartées les unes des autres par l'action des réactifs, de sorte qu'il y a là une espèce de lumière, à contours irréguliers. Ce fait est important à constater, car il indique une tendance à la production d'une cavité au centre des cordons. C'est une transition vers la structure vésiculeuse de cette glande que Pettit a décrite avec soin dans

le corps de Stannius de l'*Anguille,* corps que la plupart des auteurs considèrent comme l'homologue, chez les Téléostéens, de l'organe interrénal des Élasmobranches (Diamare).

» Les cellules de l'interrénal sont remarquables par leur teneur en graisse, qui s'accumule dans le cytoplasme sous forme de boules de grosseur très différente les unes des autres. La nature graisseuse de ce produit a été mise en doute à plusieurs reprises (Balfour, Chevrel). Dans le but de trancher la question, j'ai prié M. le professeur Ville d'examiner chimiquement ces organes. Des analyses faites par M. Ville et par M. Derrien, son préparateur, il résulte qu'il s'agit bien là d'une substance graisseuse, qu'ils sont arrivés à caractériser chimiquement.

» En outre, je dois signaler, chez certaines espèces, notamment chez *Zygaena malleus,* la présence dans le protoplasma de boules safranophiles, parfois assez volumineuses, apparaissant sur des coupes où la graisse a totalement disparu, après des lavages dans les essences.

» Les noyaux de ces cellules sont typiquement arrondis, mais ils se montrent souvent déformés par la présence de dépressions et d'encoches à leur surface : il s'agit sans doute là, ainsi qu'on l'a établi pour d'autres cellules sécrétantes, de modifications du noyau, liées au rôle qu'il joue dans les phénomènes sécrétoires des cellules. La chromatine souvent très abondante, présente dans certains cas des variations très grandes dans sa quantité et aussi dans ses affinités pour les matières colorantes. »

BOTANIQUE COLONIALE. — *Sur quelques plantes à caoutchouc de la côte occidentale d'Afrique.* Note de M. **Aug. Chevalier** [1], transmise par M. Guignard.

« Comme résultat des explorations scientifiques que le Gouvernement nous avait confiées en Afrique occidentale française, de 1898 à 1900 (mission du général de Trentinian au Soudan et mission économique du Sénégal), nous avons pu établir que tout le caoutchouc de ces régions était produit par une seule espèce de *Landolphia,* le *Landolphia Heudelotii* A. D. C. et qu'une espèce de *Ficus* de la côte sénégalaise, le *Ficus Vogelii* Miq., n'en produisait qu'une très faible quantité commerciale de qualité inférieure. Nous avions, au contraire, attendu de nouvelles observations pour nous

---

[1] Je remercie mes collaborateurs, MM. Courtet et Martret, de la participation qu'ils ont apportée à ce travail.

prononcer sur les résultats des essais de plantations des essences à caoutchouc de l'Amérique méridionale.

» La nouvelle expédition scientifique que le Gouvernement et l'Institut nous ont chargé de diriger pour étudier les productions naturelles du bassin du Tchad a eu pour premier résultat de nous permettre de combler cette lacune et de commencer l'étude des espèces caoutchoutifères spéciales au Congo français et à l'Afrique centrale.

» Au Sénégal, les nombreux essais de culture du Céara (*Manihot Glaziowii*) ont donné de très médiocres résultats. Sans arrosages, les pieds cultivés aux jardins d'essais de Saint-Louis (jardin de Soz) et de Richard-Toll sont restés nains et chétifs après 4 ans d'existence. Dès la première année, la racine se tubérise, mais ne contient qu'une quantité très minime de latex. Aux jardins de Thiès (mission) et de Sédhiou (poste), ils ont crû plus rapidement. Des pieds âgés de 4 à 7 ans mesurent de 3^m à 5^m de hauteur, mais ils ne contiennent que très peu de latex, et ce dernier ne donne que peu de caoutchouc de qualité secondaire. Il est à remarquer que les Céaras de cette région sénégalaise sont dépourvus de feuilles environ 6 mois, c'est-à-dire pendant une grande partie de la saison sèche.

» Aux jardins d'essais de Camayen (Guinée française), de Libreville (Gabon) et de Brazzaville (Congo), où la quantité annuelle des pluies est beaucoup plus abondante, les Céaras ne perdent que partiellement leurs feuilles, ou les perdent complètement durant un mois ou deux. En revanche, leur développement est très rapide. Des Céaras semés au jardin de Brazzaville il y a 2 ans mesurent déjà 5^m de hauteur et ont un diamètre de $0^m,20$ à 1^m au-dessus du sol. Aussi M. Luc recommande-t-il ce végétal comme arbuste d'avenue à cause de son développement rapide et de son feuillage épais.

» Malgré leur vigueur extraordinaire, les Céaras de ces stations de la zone forestière d'Afrique ne renferment, en toutes saisons, qu'une faible quantité de latex très aqueux qui, par coagulation à l'air, produit du caoutchouc de faible valeur. De plus, si l'on fait sécher l'écorce fraîche au soleil, on n'y retrouve plus le caoutchouc coagulé s'étirant en fils, comme dans les écorces sèches du *Landolphia* à caoutchouc. D'où impossibilité d'extraire du caoutchouc de l'écorce par les procédés Arnaud, etc.

» Il semble donc qu'il faut renoncer à la culture en Afrique du *Manihot Glaziowii* comme plante à caoutchouc.

» On a tenté également, à la côte occidentale d'Afrique, la culture de l'*Hevea brasiliensis* et du *Castilloa elastica*. Au Sénégal, les jeunes pieds de ces deux espèces sont morts très rapidement, le climat étant trop sec; mais, aux jardins d'essais de Camayen et de Libreville, ils ont acquis, après 3 ans de plantation, un beau développement.

» Ces arbres sont toutefois trop jeunes et trop peu nombreux encore pour qu'on puisse se prononcer sur leur avenir [1].

---

(1) Les jeunes pieds d'arbre à gutta (*Palaquium longifolium*) introduits en 1898

» Le caoutchouc du *Ficus Vogelii* Miq., dont nous avions signalé l'exploitation en 1899 et 1900, n'est plus exporté du Sénégal par le commerce. De qualité inférieure, il ne pouvait être vendu longtemps dans des conditions rémunératrices.

» Un autre *Ficus* du Sénégal, que nous avions signalé sous son nom indigène de *Dob Guinée*, donne un caoutchouc non commercial analogue à celui du *Ficus Vogelii;* M. le Professeur O. Warburg, de Berlin, a distingué cette espèce du *Ficus laurifolia* Bouché, dont elle est voisine, sous le nom de *Ficus laurifolioides* O. Warb. Nous l'avons observée cette année au Sénégal, à Conakry (Guinée française) et à Kotonou (Dahomey), toujours plantée le long des rues et autour des cases indigènes.

» Nous signalerons enfin une troisième espèce de *Ficus* qui semble se substituer, sur les bords de l'estuaire du Gabon, au *Ficus Vogelii* dont elle a les principaux caractères. Comme elle n'a pas encore été signalée, du moins à notre connaissance, nous en donnerons la description suivante :

» *Ficus pseudo-Vogelii* sp. nov., arbre de 8^m à 12^m de haut; extrémité des rameaux recouverte d'un feutrage épais de poils roux; feuilles coriaces, ovales-lancéolées, entières, cunéiformes à la base, arrondies, obtuses au sommet, longues de 15^{cm} à 25^{cm}, larges de 5^{cm} à 7^{cm}. Pétiole épais, long de 5^{cm} à 7^{cm}, creusé en dessus d'une fossette profonde, recouvert sur toute sa surface de petites écailles rousses apprimées et hérissé en outre, à la base, de poils raides de même couleur.

» Nervure médiane et nervures secondaires (au nombre de cinq à sept paires) saillantes en dessous, hérissées sur les côtés de poils blancs roussâtres. Fruits sessiles, serrés à l'extrémité des rameaux, de la taille d'une très grosse cerise, d'un rouge orangé à maturité, recouverts de longs poils blanchâtres apprimés. Libreville : assez commun à travers le village. Juillet 1902.

» Cet arbre n'est pas exploité par les indigènes, mais son latex donne un produit analogue au caoutchouc du *Ficus Vogelii.* »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la durée germinative des graines exposées à la lumière solaire.* Note de M. **Victor Jodin**, présentée par M. Dehérain.

« On attribue généralement à la lumière, surtout à la lumière solaire, une influence nuisible à la durée germinative des graines. Au cours des recherches que je poursuis sur la vie latente des graines j'ai fait quelques expériences pouvant indiquer si les rayons lumineux ont ou n'ont pas une

---

au jardin d'essais de Libreville ont disparu, à l'exception d'un exemplaire de belle venue.

action spécifique de cette nature, en dehors de celle qu'il faut attribuer à l'élévation de température qui les accompagne ordinairement et dont je me suis occupé précédemment ([1]). Ces expériences peuvent être classées en deux catégories :

» *a.* Celles où les graines placées en vase ouvert recevaient la lumière sous des écrans colorés.

» *b.* Celles où l'on opérait de même en tube scellé.

» Je ne parlerai ici que de ces dernières faites sur le cresson alénois.

» Voici la technique de ces expériences : on remplissait de graines le tiers ou la moitié de la capacité de tubes jaugeant environ 5^{cm^3}. Quelques-uns de ces tubes étaient enduits de vernis noir opaque ou de vernis blanc au sulfure de zinc phosphorescent. D'autres étaient disposés suivant l'axe de tubes plus larges et l'intervalle annulaire était rempli de différents liquides. Dans la plupart de ces tubes on faisait un vide plus ou moins complet sur les graines introduites dans leur état naturel ou préalablement desséchées. Dans ce dernier cas on assurait cette dessiccation en introduisant une pincée d'anhydride phosphorique dans l'extrémité des tubes façonnée en ampoule, communiquant par un étranglement avec la partie réservée aux graines. Tous ces tubes furent placés dans une serre, sur une tablette éclairée directement par le soleil plusieurs heures par jour. Des thermomètres convenablement placés permettaient d'observer les températures atteintes par les tubes au cours des expériences. Le maximum ne dépassa pas 50° et ne fut atteint qu'exceptionnellement.

» Dans ces conditions, toutes les graines *non desséchées* perdirent complètement leur pouvoir germinatif en quelques semaines d'été. De 100 il tombe à 0 au bout d'un mois ou deux. Que les tubes fussent opaques ou transparents, la résistance des graines a paru beaucoup plus dépendre de l'action calorifique que de l'action lumineuse.

» Celles qui ont résisté le plus longtemps étaient celles dont le tube les protégeait le mieux contre la chaleur.

» Il en va autrement avec les graines desséchées. Celles-ci paraissent résister plus longtemps, sinon indéfiniment.

» Le 27 mars 1896, un tube fut préparé avec acide phosphorique et graine sèche d'un pouvoir germinatif, alors, de 92 pour 100. Ce tube resta exposé au soleil jusqu'au 4 août 1902. A ce moment, le pouvoir germinatif était encore de 69 pour 100, bien que le vide n'ait pas été fait au moment du scellement.

» Cette circonstance n'a pu que nuire à la conservation du pouvoir germinatif.

» D'autres tubes préparés en même temps que le précédent pourront permettre de prolonger l'expérience. »

La séance est levée à 4 heures.

G. D.

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 893.